

Docket No.: 50063-063

PATENT

#2
Jc971 U.S. PTO
10/077962
02/20/02

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of :
:
Atsushi IMAMURA, et al. :
:
Serial No.: : Group Art Unit:
:
Filed: February 20, 2002 : Examiner:
:
For: REGION SEGMENTATION OF COLOR IMAGE

**CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

Sir:

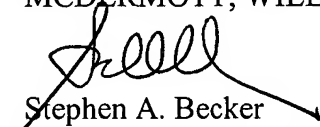
In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

Japanese Patent Application No. 2001-54846(P), filed February 28, 2001

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY


Stephen A. Becker
Registration No. 26,527

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 SAB:mlw
Date: February 20, 2002
Facsimile: (202) 756-8087

50063-063

From
Atsushi IHAMURA et al.

February 20, 2002

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 2月28日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-054846

出 願 人

Applicant(s):

大日本スクリーン製造株式会社

1c971 U.S. PRO
10/077962
02/20/02

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年11月 9日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造

出証番号 出証特2001-3098593

【書類名】 特許願

【整理番号】 PA01D957

【提出日】 平成13年 2月28日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 G01N 21/88

【発明者】

【住所又は居所】 京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の
1 大日本スクリーン製造株式会社内

【氏名】 今村 淳志

【発明者】

【住所又は居所】 京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の
1 大日本スクリーン製造株式会社内

【氏名】 佐野 洋

【発明者】

【住所又は居所】 京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の
1 大日本スクリーン製造株式会社内

【氏名】 塩見 順一

【特許出願人】

【識別番号】 000207551

【氏名又は名称】 大日本スクリーン製造株式会社

【代理人】

【識別番号】 100096817

【弁理士】

【氏名又は名称】 五十嵐 孝雄

【電話番号】 052-218-5061

【選任した代理人】

【識別番号】 100097146

【弁理士】

【氏名又は名称】 下出 隆史

【選任した代理人】

【識別番号】 100102750

【弁理士】

【氏名又は名称】 市川 浩

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007847

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9502072

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 カラー画像の領域分割

【特許請求の範囲】

【請求項1】 カラー画像の画像領域を色に応じて分割する方法であって、

(a) 複数の代表色を設定する工程と、

(b) 2次元以上の所定の色空間内において、前記カラー画像の各画素の色を表す個別色ベクトルと、前記複数の代表色を表す複数の代表色ベクトルとの間の角度に応じた角度指標値をそれぞれ算出する工程と、

(c) 前記所定の色空間内において、前記カラー画像の各画素の色と前記複数の代表色との間の距離に応じた距離指標値をそれぞれ算出する工程と、

(d) 前記カラー画像の各画素の色に関して、前記距離指標値と前記角度指標値とに基づいて前記複数の代表色に対する複合距離指標値をそれぞれ算出する工程と、

(e) 前記複合距離指標値に応じて前記カラー画像の各画素を前記複数の代表色に対応付けられた複数の代表色領域のいずれかに分類することによって、前記カラー画像の画像領域を分割する工程と、

を備えることを特徴とするカラー画像の領域分割方法。

【請求項2】 カラー画像の画像領域を色に応じて分割する方法であって、

(a) 複数の代表色を設定する工程と、

(b) 2次元以上の所定の色空間内において、任意の個別色を表す個別色ベクトルと、前記複数の代表色を表す複数の代表色ベクトルとの間の角度に応じた角度指標値をそれぞれ算出する工程と、

(c) 前記所定の色空間内において、前記任意の個別色と前記複数の代表色との間の距離に応じた距離指標値をそれぞれ算出する工程と、

(d) 前記任意の個別色に関して、前記距離指標値と前記角度指標値とに基づいて前記複数の代表色に対する複合距離指標値をそれぞれ算出する工程と、

(e) 前記複合距離指標値に応じて、前記任意の個別色を前記複数の代表色のいずれかに対応付けるとともに、前記任意の個別色と前記複数の代表色との対応関係を示すルックアップテーブルを作成する工程と、

(f) 前記ルックアップテーブルを用いて、前記カラー画像の各画素を、前記複数の代表色に対応付けられた複数の代表色領域のいずれかに分類することによって、前記カラー画像の画像領域を分割する工程と、
を備えることを特徴とするカラー画像の領域分割方法。

【請求項 3】 カラー画像の画像領域を色に応じて分割する装置であって、
複数の代表色を設定するための代表色設定部と、

2 次元以上の所定の色空間内において、前記カラー画像の各画素の色を表す個別色ベクトルと、前記複数の代表色を表す複数の代表色ベクトルとの間の角度に応じた角度指標値をそれぞれ算出する角度指標値算出部と、

前記所定の色空間内において、前記カラー画像の各画素の色と前記複数の代表色との間の距離に応じた距離指標値をそれぞれ算出する距離指標値算出部と、

前記カラー画像の各画素の色に関して、前記距離指標値と前記角度指標値とに基づいて前記複数の代表色に対する複合距離指標値をそれぞれ算出する複合距離演算部と、

前記複合距離指標値に応じて前記カラー画像の各画素を前記複数の代表色に対応付けられた複数の代表色領域のいずれかに分類することによって、前記カラー画像の画像領域を分割する色領域分割部と、

を備えることを特徴とするカラー画像の領域分割装置。

【請求項 4】 カラー画像の画像領域を色に応じて分割する装置であって、
任意の個別色を入力とし、予め設定された複数の代表色を示す代表色番号を出力とするルックアップテーブルと、

前記ルックアップテーブルを用いて前記カラー画像の各画素の色に対応する代表色番号を取得し、前記代表色番号に従って前記カラー画像の各画素を前記複数の代表色に対応付けられた複数の代表色領域のいずれかに分類することによって前記カラー画像の画像領域を分割する色領域分割部と、

を備えることを特徴とするカラー画像の領域分割装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

この発明は、カラー画像の画像領域を色に応じて分割する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

カラー画像の所望の色の領域に関して選択的に処理を行うために、カラー画像の画像領域を色に応じて分割したい場合がある。図10は、従来の領域分割（「領域分離」とも呼ぶ）を示す説明図である。この方法では、まず、カラー写真の中の各物体の色を、複数の代表色として指定する。次に、RGB色空間内において、カラー画像内の各画素の色と、複数の代表色との間の距離を算出する。そして、この距離が最小となる代表色のクラスタに各画素を分類する。なお、「クラスタ」とは、1つの代表色に対応付けられた複数の色の集まりを意味する。本明細書において、任意の色を複数の代表色のいずれかに分類する処理を「クラスタリング」とも呼ぶ。

【0003】

図10（A）は、適切なクラスタリングが行われた例を示している。ここで、横軸はR（レッド）成分、縦軸はB（ブルー）成分を示している。実際には、画素の色はRGBの3次元色空間で表されるが、ここでは2次元空間に簡略化されている。黒点はカラー画像内の各画素の色（「個別色」とも呼ぶ）を表しており、やや大きな丸は各物体の代表色を表している。図10（A）の例では、各画素の色が、物体1～4に適正に分類されていることが解る。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、カラー画像内のある物体が、本来は均一な色を有するものであっても、その物体に対する光の当たり方に応じて、その物体を構成する画素の色の明度にはかなりのバラツキが生じることがある。具体的には、明度の高い色はRGB色空間の原点から離れた位置にプロットされ、明度の低い色はRGB色空間の原点に近い位置にプロットされる。このような場合には、その物体の各画素の色を表す点は、その物体の本来の色を表す色ベクトルの方向に沿って、かなり広い範囲に分布する。

【0005】

図 1 0 (B) は、物体 1 と物体 2 の画素の色が、それぞれの代表色と原点 O とを結ぶ方向に沿った広い範囲に広がった場合のクラスタリングの結果を示している。ここで、破線は各画素点の適切な分類を示しており、実線は実際に行われた不適切な分類を示している。

【 0 0 0 6 】

このように、従来の領域分割の技術では、本来同じ色の物体に属する画素の色も、その明度によっては間違って他の物体の色と認識してしまう場合があった。このような問題は、実際の物体のカラー写真の領域分割において顕著であるが、カラー写真以外の他の種類のカラー画像に関する領域分割においても同様な問題があった。

【 0 0 0 7 】

本発明は、上述した従来の課題を解決するためになされたものであり、カラー画像を、色に応じてより確実に適切な色領域に分割することのできる技術を提供することを目的とする。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】

上記目的を達成するために、本発明の第 1 の方法は、カラー画像の画像領域を色に応じて分割する方法であって、(a) 複数の代表色を設定する工程と、(b) 2 次元以上の所定の色空間内において、前記カラー画像の各画素の色を表す個別色ベクトルと、前記複数の代表色を表す複数の代表色ベクトルとの間の角度に応じた角度指標値をそれぞれ算出する工程と、(c) 前記所定の色空間内において、前記カラー画像の各画素の色と前記複数の代表色との間の距離に応じた距離指標値をそれぞれ算出する工程と、(d) 前記カラー画像の各画素の色に関して、前記距離指標値と前記角度指標値とに基づいて前記複数の代表色に対する複合距離指標値をそれぞれ算出する工程と、(e) 前記複合距離指標値に応じて前記カラー画像の各画素を前記複数の代表色に対応付けられた複数の代表色領域のいずれかに分類することによって、前記カラー画像の画像領域を分割する工程と、を備えることを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

この第1の方法によれば、各画素の色と代表色との距離のみでなく、それらの色ベクトルの角度も考慮した複合距離指標値を用いて領域分割を行っているので、カラー画像を、色に応じてより確実に適切な領域に分割することができる。

【0010】

本発明の第2の方法は、カラー画像の画像領域を色に応じて分割する方法であって、(a)複数の代表色を設定する工程と、(b)2次元以上の所定の色空間内において、任意の個別色を表す個別色ベクトルと、前記複数の代表色を表す複数の代表色ベクトルとの間の角度に応じた角度指標値をそれぞれ算出する工程と、

(c)前記所定の色空間内において、前記任意の個別色と前記複数の代表色との間の距離に応じた距離指標値をそれぞれ算出する工程と、(d)前記任意の個別色に関して、前記距離指標値と前記角度指標値とに基づいて前記複数の代表色に対する複合距離指標値をそれぞれ算出する工程と、(e)前記複合距離指標値に応じて、前記任意の個別色を前記複数の代表色のいずれかに対応付けるとともに、前記任意の個別色と前記複数の代表色との対応関係を示すルックアップテーブルを作成する工程と、(f)前記ルックアップテーブルを用いて、前記カラー画像の各画素を、前記複数の代表色に対応付けられた複数の代表色領域のいずれかに分類することによって、前記カラー画像の画像領域を分割する工程と、を備えることを特徴とする。

【0011】

この第2の方法によれば、ルックアップテーブルを用いて領域分割を行うので、大きな画像を処理する場合や、多数の画像を処理する場合に、全体としての処理時間を短縮することが可能である。

【0012】

本発明の第1の装置は、カラー画像の画像領域を色に応じて分割する装置であって、複数の代表色を設定するための代表色設定部と、2次元以上の所定の色空間内において、前記カラー画像の各画素の色を表す個別色ベクトルと、前記複数の代表色を表す複数の代表色ベクトルとの間の角度に応じた角度指標値をそれぞれ算出する角度指標値算出部と、前記所定の色空間内において、前記カラー画像

の各画素の色と前記複数の代表色との間の距離に応じた距離指標値をそれぞれ算出する距離指標値算出部と、前記カラー画像の各画素の色に関して、前記距離指標値と前記角度指標値とに基づいて前記複数の代表色に対する複合距離指標値をそれぞれ算出する複合距離演算部と、前記複合距離指標値に応じて前記カラー画像の各画素を前記複数の代表色に対応付けられた複数の代表色領域のいずれかに分類することによって、前記カラー画像の画像領域を分割する色領域分割部と、を備えることを特徴とする。

【0013】

また、第2の装置は、カラー画像の画像領域を色に応じて分割する装置であって、任意の個別色を入力とし、予め設定された複数の代表色を示す代表色番号を出力とするルックアップテーブルと、前記ルックアップテーブルを用いて前記カラー画像の各画素の色に対応する代表色番号を取得し、前記代表色番号に従って前記カラー画像の各画素を前記複数の代表色に対応付けられた複数の代表色領域のいずれかに分類することによって前記カラー画像の画像領域を分割する色領域分割部と、を備えることを特徴とする。

【0014】

なお、本発明は、種々の態様で実現することが可能であり、例えば、カラー画像の領域分割方法および装置、その領域分割結果を用いたマスクの作成方法および装置、カラー画像の領域分割に用いられるルックアップテーブルの作成方法および装置、それらの各種の方法または装置の機能を実現するためのコンピュータプログラム、そのコンピュータプログラムを記録した記録媒体、そのコンピュータプログラムを含み搬送波内に具現化されたデータ信号、等の態様で実現することができる。

【0015】

【発明の実施の形態】

次に、本発明の実施の形態を実施例に基づいて以下の順序で説明する。

- A. 第1実施例：
- B. 第2実施例：
- C. 変形例：

【0016】

A. 第1実施例：

図1は、本発明の一実施例としてのプリント基板検査装置の構成を示す説明図である。このプリント基板検査装置100は、プリント基板PCBを照明するための光源20と、プリント基板PCBの画像を撮影する撮像部30と、装置全体の制御を行うコンピュータ40とを備えている。コンピュータ40には、各種のデータやコンピュータプログラムを格納する外部記憶装置50が接続されている。

【0017】

コンピュータ40は、代表色設定部110と、前処理部120と、複合距離演算部130と、色領域分割部140と、後処理部150と、の機能を有している。これらの各部の機能は、外部記憶装置50に格納されたコンピュータプログラムをコンピュータ40が実行することによって実現される。なお、後述する説明から理解できるように、複合距離演算部130は、角度指標値算出部および距離指標値算出部としての機能も有している。

【0018】

図2は、プリント基板PCBのカラー画像を示す説明図である。プリント基板PCBの表面は、基板ベース上にレジストが塗布された第1の緑色領域G1と、銅配線上にレジストが塗布された第2の緑色領域G2と、金メッキが施された金色領域GLと、基板ベースの茶色領域BRと、基板ベース上に白色の文字が印刷された白色領域WHとを含んでいる。第1の緑色領域G1の下地である基板ベースは茶色であり、第2の緑色領域G2の下地である銅配線は銅色なので、これらの2つの領域G1、G2の色は若干異なっているが、両方とも緑色であることに変わりはない。そこで、本実施例では、これらの2つの緑色領域G1、G2を併せて「緑色領域GR」とも呼ぶ。以下に説明する処理では、2つの緑色領域G1、G2が1つの緑色領域GRとして取り扱われる。

【0019】

図3は、第1実施例における領域分割の手順を示すフローチャートである。ステップS1では、撮像部30がプリント基板PCBのカラー画像（図2）を撮像

する。なお、予め撮像された画像に関してステップ S 2 以降の処理を実行する場合には、ステップ S 1 において、外部記憶装置 5 0 から画像データが読み出される。

【0020】

ステップ S 2 では、ユーザが、コンピュータ 4 0 の表示部に表示されたカラー画像を観察しながら、マウスなどのポインティングデバイスを用いて複数の代表色を設定する。この際、代表色設定部 1 1 0 は、代表色の設定処理のための所定のダイアログボックスをコンピュータ 4 0 の表示部に表示して、ユーザに代表色の設定を許容する。

【0021】

図 4 は、代表色の設定の様子を示す説明図である。ユーザは、4 種類の領域 G R (G 1 + G 2) , G L , B R , W H の呼び名 (例えば「レジスト領域」, 「金メッキ領域」等) を画面上のダイアログボックスに入力し、また、各領域の代表色を取得するためのサンプル点 (星印で示す) をカラー画像上で指定する。サンプル点は、各領域内に少なくとも 1 つずつ指定される。なお、同じ領域において複数のサンプル点が指定されたときには、それらのサンプル点の平均的な色がその領域の代表色として採用される。

【0022】

ユーザは、さらに、各領域が他の領域と合併すべきか否かを指定する。図 4 の例では、緑色領域 G R が単独で第 1 の分割領域 D R 1 を構成することが指定されている。また、金色領域 G L と茶色領域 B R が合併して第 2 の分割領域 D R 2 を構成し、白色領域 W H は単独で第 3 の分割領域 D R 3 を構成することが指定されている。代表色設定部 1 1 0 は、4 つの領域 G R , G L , B R , W H の代表色の R G B の各色成分を、カラー画像の画像データから取得して登録する。なお、一般には、n 個 (n は 2 以上の整数) の代表色が登録される。

【0023】

ステップ S 3 (図 3) では、処理対象のカラー画像に対して、前処理部 1 2 0 (図 1) が平滑化処理 (ぼかし処理) を実行する。平滑化処理では、メディアンフィルタや、ガウスフィルタ、移動平均などの種々の平滑化フィルタを用いるこ

とができる。この平滑化処理を行うことによって、画像データ内に存在する特異な画素を除去することができるので、ゴミ（雑音成分）の少ない画像データを得ることができる。なお、前処理は省略することが可能である。

【 0 0 2 4 】

ステップ S 4 では、複合距離演算部 1 3 0 が、カラー画像内の各画素の色（「個別色」と呼ぶ）に関して複数の代表色との複合距離指標値を算出するとともに、各個別色を代表色クラスに分類する。図 5 は、ステップ S 4 の詳細手順を示すフローチャートである。ステップ S 1 1 では、 n 個（ n は 2 以上の整数）の代表色を表す代表色ベクトルと、カラー画像内の各画素の個別色を表す個別色ベクトルが規格化される。代表色ベクトルの規格化は、次の（1 a）～（1 d）式に従って行われる。

【 0 0 2 5 】

【数 1】

$$Lref(i) = Rref(i) + Gref(i) + Bref(i) \quad \cdots(1a)$$

$$Rvref(i) = Rref(i) / Lref(i) \quad \cdots(1b)$$

$$Gvref(i) = Gref(i) / Lref(i) \quad \cdots(1c)$$

$$Bvref(i) = Bref(i) / Lref(i) \quad \cdots(1d)$$

ただし、 $Lref(i) = 0$ の場合、

$$Rvref(i) = Gvref(i) = Bvref(i) = 1/3$$

【 0 0 2 6 】

ここで、 $Rref(i)$ は i 番目（ $i = 1 \sim n$ ）の代表色の R 成分であり、 $Gref(i)$ はその G 成分、 $Bref(i)$ はその B 成分である。また、 $Rvref(i)$ 、 $Gvref(i)$ 、 $Bvref(i)$ は規格化後の RGB 成分である。（1 a）式では、3 つの成分 $Rref(i)$ 、 $Gref(i)$ 、 $Bref(i)$ の算術和によって規格化に使用する値 $Lref(i)$ を求めており、（1 b）～（1 c）ではこの規格化値 $Lref(i)$ を用いて各成分を規格化している。

【 0 0 2 7 】

図 6 は、（1 a）～（1 d）式に従った色の規格化方法を示す説明図である。ここでは図示の便宜上、R 成分と B 成分の 2 つの色成分で構成される 2 次元空間

における代表色を表す点（白丸）と個別色を表す点（黒丸）がそれぞれ描かれている。上記（1 a）～（1 d）式は、 $R + G + B = 1$ で規定される平面PL上に代表色ベクトルを規格化することを意味している。但し、代表色が完全な黒の場合（ $L_{ref}(i) = 0$ の場合）には、規格化後の各成分 $R_{vref}(i)$, $G_{vref}(i)$, $B_{vref}(i)$ の値がそれぞれ $1/3$ に設定される。これは、（1 b）～（1 d）式の右辺が無限大になるのを防ぐためである。

【0028】

各画素の個別色ベクトルも、代表色と同様に次の（2 a）～（2 d）式に従って規格化される。

【0029】

【数 2】

$$L(j) = R(j) + G(j) + B(j) \quad \dots(2a)$$

$$R_v(j) = R(j) / L(j) \quad \dots(2b)$$

$$G_v(j) = G(j) / L(j) \quad \dots(2c)$$

$$B_v(j) = B(j) / L(j) \quad \dots(2d)$$

ただし、 $L(j) = 0$ の場合、

$$R_v(j) = G_v(j) = B_v(j) = 1/3$$

【0030】

ここで、 j はカラー画像内の各画素を識別するための番号である。

【0031】

なお、図6（B）では個別色が規格化後も平面PLの周辺に分散しているように見えるが、これは3次元空間の様子を2次元的に観察しているからであり、実際には、規格化後の個別色もすべて平面PL上に存在する。

【0032】

図5のステップS12では、 n 個の代表色ベクトルと、各画素の個別色ベクトルとの角度指標値 $V(i, j)$ が、次の（3 a）式または（3 b）式に従って算出される。

【0033】

【数 3】

$$V(i, j) = k1 * \{ |Rvref(i) - Rv(j)| + |Gvref(i) - Gv(j)| + |Bvref(i) - Bv(j)| \}$$

...(3a)

$$V(i, j) = k1 * \left[\{Rvref(i) - Rv(j)\}^2 + \{Gvref(i) - Gv(j)\}^2 + \{Bvref(i) - Bv(j)\}^2 \right]$$

...(3b)

【0034】

(3 a) 式の右辺の括弧内の第 1 項は、i 番目の代表色の規格化後の R 成分 Rvref(i) と、j 番目の画素の個別色の規格化後の R 成分 Rv(j) との差分の絶対値である。第 2 項と第 3 項は、これに対応する G 成分と B 成分の値である。また、k 1 はゼロでない所定の係数である。従って、(3 a) 式の右辺は、平面 P L 上における規格化後の代表色と規格化後の個別色との間の距離と強い相関がある。また、(3 b) 式は、差分の絶対値の代わりに、差分の 2 乗を用いたものであり、規格化後の代表色と規格化後の個別色との間の距離そのものを与える式である。ところで、一般に、平面 P L 上における代表色と個別色との間の距離が小さくなるほど、代表色ベクトルと個別色ベクトルの間の角度も小さくなる傾向にある。(3 a) または (3 b) 式で与えられる値 V (i , j) は、平面 P L 上における代表色と個別色との間の距離に応じて決まる値であり、代表色ベクトルと個別色ベクトルの間の角度とは強い相関がある。そこで、本実施例では、(3 a) 式または (3 b) 式で与えられる値 V (i , j) を、代表色ベクトルと個別色ベクトルとの間の角度を実質的に表す角度指標値として使用している。

【0035】

(3 a) , (3 b) 式から理解できるように、角度指標値 V (i , j) は、色空間内における代表色ベクトルと個別色ベクトルとの間の角度を実質的に表す値であればよく、(3 a) , (3 b) 式以外の式で与えられる他の値を用いることも可能である。

【0036】

なお、係数 k 1 が 1 の場合には、角度指標値 V (i , j) は 0 ~ 2 の範囲の値を取る。この、角度指標値 V (i , j) は、各画素の個別色ベクトルと、n 個の

代表色ベクトルとのすべての組合せに関して算出される。

【0037】

ステップS13では、n個の代表色ベクトルと、各画素の個別色ベクトルとの距離指標値D(i, j)が、次の(4a)式または(4b)式に従って算出される。

【0038】

【数4】

$$D(i, j) = \frac{|R_{ref}(i) - R(j)| + |G_{ref}(i) - G(j)| + |B_{ref}(i) - B(j)|}{k_2} \quad \dots(4a)$$

$$D(i, j) = \frac{\sqrt{\{R_{ref}(i) - R(j)\}^2 + \{G_{ref}(i) - G(j)\}^2 + \{B_{ref}(i) - B(j)\}^2}}{k_2} \quad \dots(4b)$$

【0039】

(4a)式の右辺の括弧内の第1項は、i番目の代表色の規格化前のR成分R_{ref}(i)と、j番目の画素の個別色の規格化前のR成分R(j)との差分の絶対値である。第2項と第3項は、これに対応するG成分とB成分の値である。また、k₂はゼロでない所定の係数である。(4b)式は、差分の絶対値の代わりに、差分の2乗和の平方根を用いたものである。(4a)、(4b)式では、上述した(3a)、(3b)式とは異なり、規格化されていない値R_{ref}(i)、R(j)が用いられている。従って、(4a)、(4b)式の右辺は、規格化されていない代表色と個別色との間の距離に応じた値を与える。そこで、本実施例では、(4a)式または(4b)式で与えられる値D(i, j)を、代表色と個別色との間の距離を実質的に表す距離指標値として使用している。

【0040】

(4a)、(4b)式から理解できるように、距離指標値D(i, j)は、色空間内における代表色と個別色との間の距離を実質的に表す値であればよく、(4a)、(4b)式以外の式で与えられる他の値を用いることも可能である。

【0041】

なお、各色成分が8ビットのデータであって係数k₂が1である場合には、距

離指標値 $D(i, j)$ は 0 ～ 7 6 5 の範囲の値を取る。この距離指標値 $D(i, j)$ も、各画素の個別色ベクトルと、 n 個の代表色ベクトルとのすべての組合せに関して算出される。

【0 0 4 2】

ステップ S 1 4 では、次の (5 a) 式または (5 b) 式に従って、 i 番目の代表色と j 番目の画素の個別色とに関する複合距離指標値 $C(i, j)$ が算出される。

【0 0 4 3】

【数 5】

$$C(i, j) = V(i, j) + D(i, j) \quad \dots(5a)$$

$$C(i, j) = V(i, j) * D(i, j) \quad \dots(5b)$$

【0 0 4 4】

(5 a) 式では、角度指標値 $V(i, j)$ と距離指標値 $D(i, j)$ の和が、複合距離指標値 $C(i, j)$ として採用されている。また、(5 b) 式では、角度指標値 $V(i, j)$ と距離指標値 $D(i, j)$ の積が、複合距離指標値 $C(i, j)$ として採用されている。従って、(5 a) 式または (5 b) 式で与えられる複合距離指標値 $C(i, j)$ は、 j 番目の画素の個別色ベクトルと i 番目の代表色ベクトルとの角度が小さく、かつ、色空間内における個別色と代表色との距離が小さいほど小さな値となる。

【0 0 4 5】

こうして、各画素の色に関して、複数の代表色に関する複合距離指標値 $C(i, j)$ が算出されると、ステップ S 1 5 において、各画素の個別色が、複合距離指標値 $C(i, j)$ が最小となる代表色のクラスタに分類される。ここで、「クラスタ」とは、1 つの代表色に対応付けられた色の集まりを意味する。なお、各画素に対しては、 n 個の代表色に対応する n 個の複合距離指標値 $C(i, j)$ が得られているので、これらの n 個の複合距離指標値 $C(i, j)$ の中で最小値を与える代表色クラスタに、その画素の個別色が分類される。

【0 0 4 6】

図 7 は、4 種類の代表色クラスタに分類された個別色の分布を示している。図 4 で説明したように、ステップ S 2（図 2）では、緑色領域 GR と、金色領域 GL と、茶色領域 BR と、白色領域 WH と、の 4 種類の色領域に対応する 4 つの代表色を設定されていた。従って、図 7 においては、各画素の個別色が、これらの 4 つの代表色に対応する代表色クラスタ CL_{GR} 、 CL_{GL} 、 CL_{BR} 、 CL_{WH} に分類されている。ここで、金色クラスタ CL_{GL} 内の個別色のうちの比較的暗い色（3 次元色空間の原点 O に近い色）は、茶色クラスタ CL_{BR} 内の比較的暗い色との距離が小さい。しかし、本実施例では、個別色の分類の際に上述した複合距離指標値 $C(i, j)$ を用いているので、個別色と代表色との距離が近く、かつ、それらのベクトル間の角度が小さくなるように、各画素の個別色が代表色クラスタに分類されている。従って、従来の技術において説明した図 10（B）に示したような不適切なクラスタリングが行われる可能性が低く、より適切なクラスタリングを行うことが可能である。

【 0 0 4 7 】

こうして、各画素の個別色が代表色クラスタのいずれかに分類されると、図 3 のステップ S 5 において、色領域分割部 1 4 0 が、各画素が属する代表色クラスタに応じて画像領域を分割する。例えば、各クラスタに属する画素に、他のクラスタとは異なる固有の番号（代表色番号）を割り当てることによって、画像領域を分割する。具体的には、例えば、図 7 の各 CL_{GR} 、 CL_{GL} 、 CL_{BR} 、 CL_{WH} に、画素値 0、1、2、3 がそれぞれ割り当てられる。なお、以下では、ステップ S 5 において同一の代表色番号が割り当てられた領域を「代表色領域」と呼ぶ。

【 0 0 4 8 】

ステップ S 6 では、色領域分割部 1 4 0 が、代表色領域を必要に応じて併合する。本実施例では、図 4 で説明したように、ステップ S 2 において金色領域 GL と茶色領域 BR とが併合されることが指定されている。従って、ステップ S 5 では、これらの領域 GL、BR が第 2 の分割領域 DR 2 として併合される。

【 0 0 4 9 】

図 8 は、併合後の分割領域がコンピュータ 4 0 の表示部上に表示された模様を示す説明図である。第 1 ないし第 3 の分割領域 DR 1 ~ DR 3 は、代表色番号に

従って、それぞれ異なる色または模様で表示される。なお、各代表色番号と、表示の際に各分割領域を塗りつぶす色（表示色）との対応関係は、ユーザによって予め設定される。この代わりに、各代表色番号と表示色との関係を、色領域分割部 1 4 0 が自動的に決定するようにしてもよい。この例から理解できるように、第 1 実施例では、まず、カラー画像が複数の代表色領域に分類され、その後、必要に応じていくつかの代表色領域が併合される。このような処理を利用すれば、ユーザの要求に応じて、色の異なる複数の領域を、同じ種類の分割領域に分類することができるという利点がある。

【 0 0 5 0 】

こうしてカラー画像の画像領域が複数の分割領域に分類されると、図 3 のステップ S 7 において、後処理部 1 5 0 が後処理を実行する。この後処理は、細らせ処理（収縮処理）と太らせ処理（膨張処理）とを含むノイズ除去処理である。このノイズ除去処理は、処理対象となる特定の分割領域の画素について、所定の画素幅の細らせ処理を実行した後に、同じ画素幅の太らせ処理を実行する。また、他の分割領域についても、同様に細らせ処理と太らせ処理を実行することができる。このような後処理を行うことにより、ピンホール状の細かな領域（ノイズ）が除去される。

【 0 0 5 1 】

以上のように、上記第 1 実施例では、各画素の個別色と代表色との間の距離を実質的に表す距離指標値と、個別色ベクトルと代表色ベクトルとの間の角度を実質的に表す角度指標値とに基づいて複合距離指標値 $C(i, j)$ を算出し、この値 $C(i, j)$ が最も小さくなるように各画素の個別色を代表色領域に分類している。従って、本来同じ色であるにも拘わらず明度が大幅に異なるような画素の色に関しても、同じ代表色領域に分類することが可能である。この結果、従来に比べてより適切な領域分割を行うことができる。

【 0 0 5 2 】

なお、図示していないが、プリント基板検査装置 1 0 0 は、欠陥の無いプリント基板 PCB を撮像した参照画像と、検査対象のプリント基板 PCB を撮像した被検査画像とを入力し、両者間における特定の差異を検査対象プリント基板 PC

Bの欠陥として検出する検査部を備えている。そして、分割した領域のうち、ユーザによって指定された領域（例えば、金メッキ領域）のみを検査対象としたり、逆に、ユーザによって指定された領域以外を検査対象とすることができる。

【0053】

B. 第2実施例：

第2実施例は、複合距離指標値C (i, j) の算出方法が第1実施例と異なるだけであり、他は第1実施例と同じである。

【0054】

第2実施例では、上記(1a)～(1d)式および(2a)～(2d)の代わりに、次の(6a)～(6d)式および(7a)～(7d)式を用いて個別色と代表色の規格化が行われる。

【0055】

【数6】

$$Lref(i) = \sqrt{Rref(i)^2 + Gref(i)^2 + Bref(i)^2} \quad \dots(6a)$$

$$Rvref(i) = Rref(i) / Lref(i) \quad \dots(6b)$$

$$Gvref(i) = Gref(i) / Lref(i) \quad \dots(6c)$$

$$Bvref(i) = Bref(i) / Lref(i) \quad \dots(6d)$$

ただし、 $Lref(i)=0$ の場合、

$$Rvref(i) = Gvref(i) = Bvref(i) = 1/\sqrt{3}$$

【数7】

$$L(j) = \sqrt{R(j)^2 + G(j)^2 + B(j)^2} \quad \dots(7a)$$

$$Rv(j) = R(j) / L(j) \quad \dots(7b)$$

$$Gv(j) = G(j) / L(j) \quad \dots(7c)$$

$$Bv(j) = B(j) / L(j) \quad \dots(7d)$$

ただし、 $L(j)=0$ の場合、

$$Rv(j) = Gv(j) = Bv(j) = 1/\sqrt{3}$$

【0056】

図9は、第2実施例における色の規格化方法を示す説明図である。上記(6a)～(6d)式および(7a)～(7d)式は、半径が1の球面SP上の点に個

別色や代表色を規格化することを意味している。但し、代表色が完全な黒の場合 ($L_{ref}(i) = 0$ の場合) には、規格化後の各成分 $R_{vref}(i)$, $G_{vref}(i)$, $B_{vref}(i)$ の値がそれぞれ $1/\sqrt{3}$ に設定される。

【 0 0 5 7 】

このように、代表色と個別色とを半径 1 の球面 SP 上の点に規格化することによっても、上記第 1 実施例とほぼ同じ効果が得られる。なお、色の規格化は、個別色ベクトルと代表色ベクトルとの間の角度を求める演算を簡易に行うことを目的として行われている。従って、例えばベクトル間の角度を求める方法として、ベクトルの内積を用いる方法などのような他の方法を採用した場合には、このような規格化を行う必要は無い。但し、上述したような色の規格化を行えば、演算速度を向上させることができるという利点がある。

【 0 0 5 8 】

C. 変形例 :

なお、この発明は上記の実施例や実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。

【 0 0 5 9 】

C 1. 変形例 1 :

上記各実施例では、色空間として RGB の 3 次元色空間を用いていたが、色空間としてはこれ以外の種々のものを利用可能である。例えば、 $L^*a^*b^*$ 空間などの他の 3 次元色空間や、2 つの基本色のみで規定された 2 次元色空間などを利用可能である。すなわち、本発明は、一般に、2 次元以上の色空間を用いた場合に適用可能である。

【 0 0 6 0 】

C 2. 変形例 2 :

領域分割処理の際に、各画素の個別色と代表色との複合距離指標値を実際に計算する代わりに、予め任意の色に関する複合距離指標値を算出して、その結果をルックアップテーブル LUT (図 1) として作成しておいてもよい。あるいは、任意の色と複数の代表色との対応関係を、ルックアップテーブル LUT として作

成しておいてもよい。これらの場合には、複合距離演算部 1 3 0 がルックアップテーブル作成部としての機能を実現する。実際の領域分割処理の際には、複合距離演算部 1 3 0 がそのルックアップテーブル LUT を参照することによって、領域分割（領域分離）を高速に行うことが可能である。この利点は、特に大きなサイズのカラー画像や多数のカラー画像を処理する際に顕著である。例えば、プリント基板検査装置 1 0 0 においてルックアップテーブル LUT を採用すると、参照画像に対してのみルックアップテーブル LUT を作成しておけば、このルックアップテーブル LUT を参照することによって、参照画像だけでなく、被検査画像も領域分割することが可能である。

【 0 0 6 1 】

ルックアップテーブル LUT は、色空間内のすべての任意の色を入力とし、複数の代表色のいずれかを示す代表色番号を出力とするものが好ましい。この代表色番号は、RGB の画素値のような色成分を表す値では無く、例えば 0, 1, 2 のように、互いに識別可能な識別番号である。

【 0 0 6 2 】

なお、ルックアップテーブル LUT の容量を低減するためには、入力される色データ（画素値データ）の複数ビットのうちで、1 つ以上の下位ビットを省略してもよい。この場合には、省略された下位ビットのみが異なる色は、同じ色であるとして代表色との対応付けが実行される。こうすれば、ルックアップテーブル LUT の作成時間とデータ量を大幅に削減可能である。また、CCD カメラで撮像された画像などのように、ノイズ成分がかなりあると推定される画像に対しては、このようにビット数を低減したルックアップテーブル LUT を用いた方が、色に応じた領域分割をより確実に行える可能性がある。

【 0 0 6 3 】

C 3. 変形例 3 :

画像データが 8 ビットである場合には、上記 (1 b) ~ (1 d) 式や (2 b) ~ (2 d) における規格化の項 $1 / L_{ref}(i)$, $1 / L(j)$ を、それぞれ $765 / L_{ref}(i)$, $765 / L(j)$ に置き換えることが好ましい。このようにすれば、規格化後の各色成分の範囲が 0 ~ 255 となるので、その後の演算を整数で実行す

ることができ、ソフトウェアでの演算速度を向上させることが可能である。なお、この場合には、 $L_{ref}(i) = 0$ 、 $L(j) = 0$ の場合には、規格化後の各成分の値は 255 に設定される。

【0064】

C4. 変形例4：

領域分割結果は、画面や印刷上に出力することが可能であり、また、種々の用途に利用することが可能である。例えば、コンピュータ40の画面上に図4のような元のカラー画像を表示しておき、この画面上においてユーザが任意の位置を指定したときに、図8に示す画像分割結果を参照して、その位置がどの分割領域に属するかを通知することも可能である。具体的には、ユーザがマウスを用いて緑色領域GR内の位置をクリックしたときに、「ここはレジストです」と表示することができる。このような利用方法によれば、例えば、画面に表示された写真画像上の任意の位置が、もともとどのような物体に属していたかをユーザに通知することが可能である。

【0065】

また、領域分割で得られた1つ以上の代表色領域（または分割領域）を、画像処理の処理対象となる領域を表すマスクや、処理対象外となる領域を表すマスクとして利用することが可能である。例えば図8に示した第1の分割領域DR1をマスクとして用いて、このマスク領域に対して選択的に所定の画像処理を行うようにしても良い。

【0066】

C5. 変形例5：

上記実施例では、処理対象となるカラー画像の中からユーザが指定した位置の色を代表色として決定していたが、代表色を設定する方法としては、これ以外の種々の方法を採用することが可能である。例えば、本出願人による特許2896319号に開示されているように、画像のヒストグラムを作成し、その中の頻度の高い色を代表色として決定してもよい。また、特許2896320号に開示されているように、カラーパッチを表示して、その中から代表色をユーザが選択するようにしてもよい。

【0067】

また、上記実施例では、ユーザが指定した位置の色から最終的な代表色が決定されていたが、この代わりに、個別色のクラスタ分類の結果（図7）に応じて、代表色を再計算するようにしても良い。この場合には、図7のような分類結果が得られたときに、各クラスタ（同一の代表色クラスタに属する色の集まり）内の複数の色の重心を新たな代表色として決定する。そして、この新たな代表色を用いて、クラスタ分類が再度実行される。但し、上記実施例のように、ユーザが指定した位置の色から最終的な代表色を決定して1回だけクラスタ分類を実行する方が、処理速度が速いという利点がある。

【0068】

C6. 変形例6：

上記各実施例では、色ベクトルの原点Oとして黒の基準点を採用していたが、この代わりに、白の基準点を原点として使用してもよい。例えば、インク単色のグラデーションを含む印刷物を、インクの種類毎に領域分割したい場合には、色ベクトルの原点を白の基準点とする方が好ましい場合がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の一実施例としてのプリント基板検査装置の構成を示す説明図。

【図2】

プリント基板PCBのカラー画像を示す説明図。

【図3】

実施例における領域分割の手順を示すフローチャート。

【図4】

代表色の設定の様子を示す説明図。

【図5】

図3のステップS4の詳細手順を示すフローチャート。

【図6】

第1実施例における色の規格化方法を示す説明図。

【図7】

4種類の代表色クラスタに分類された個別色の分布を示す説明図。

【図 8】

複数の分割領域を示す説明図。

【図 9】

第2実施例における色の規格化方法を示す説明図。

【図 1 0】

従来の領域分割の結果を示す説明図。

【符号の説明】

2 0 …光源

3 0 …撮像部

4 0 …コンピュータ

5 0 …外部記憶装置

1 0 0 …プリント基板検査装置

1 1 0 …代表色設定部

1 2 0 …前処理部

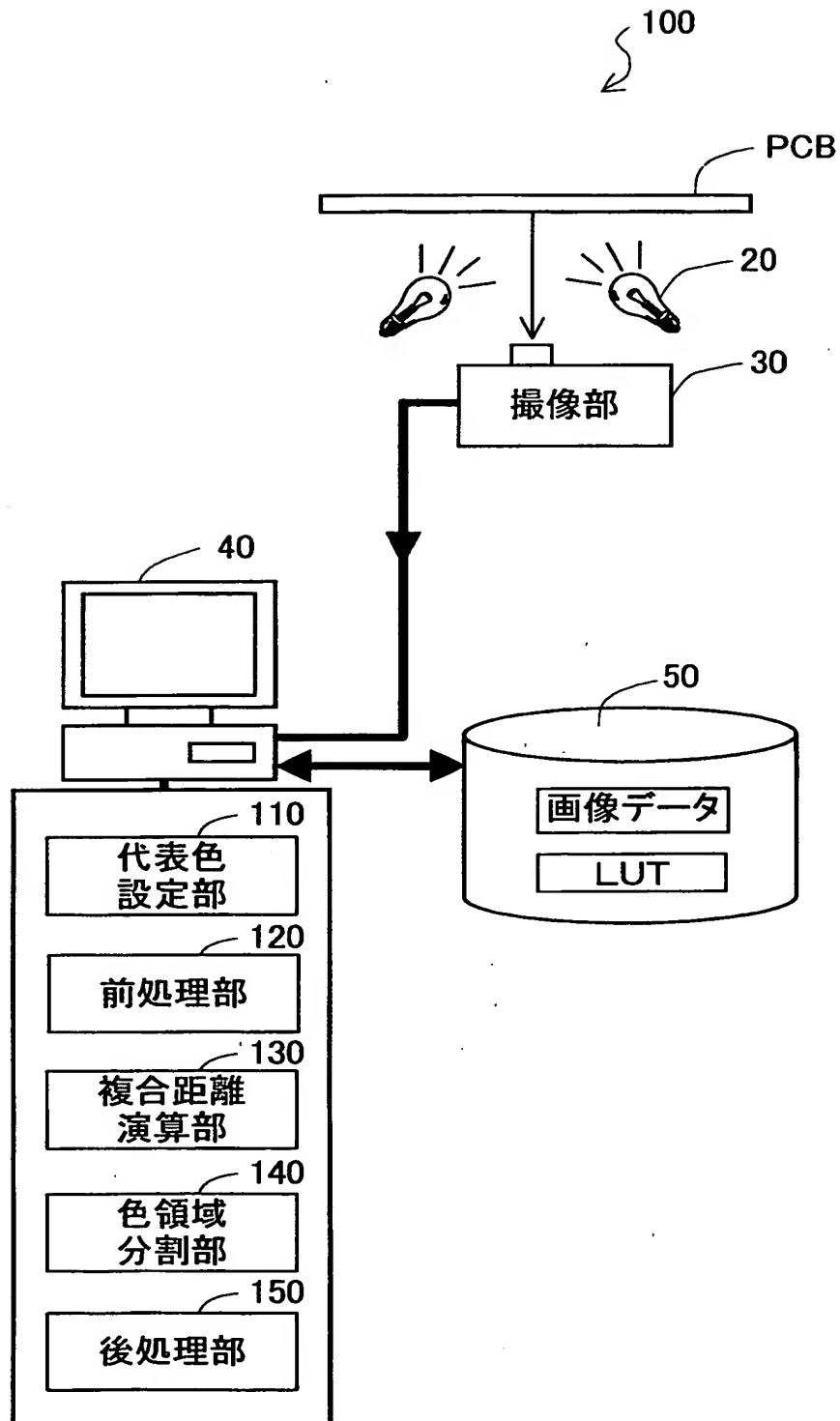
1 3 0 …複合距離演算部（距離指標値算出部，角度指標値算出部）

1 4 0 …色領域分割部

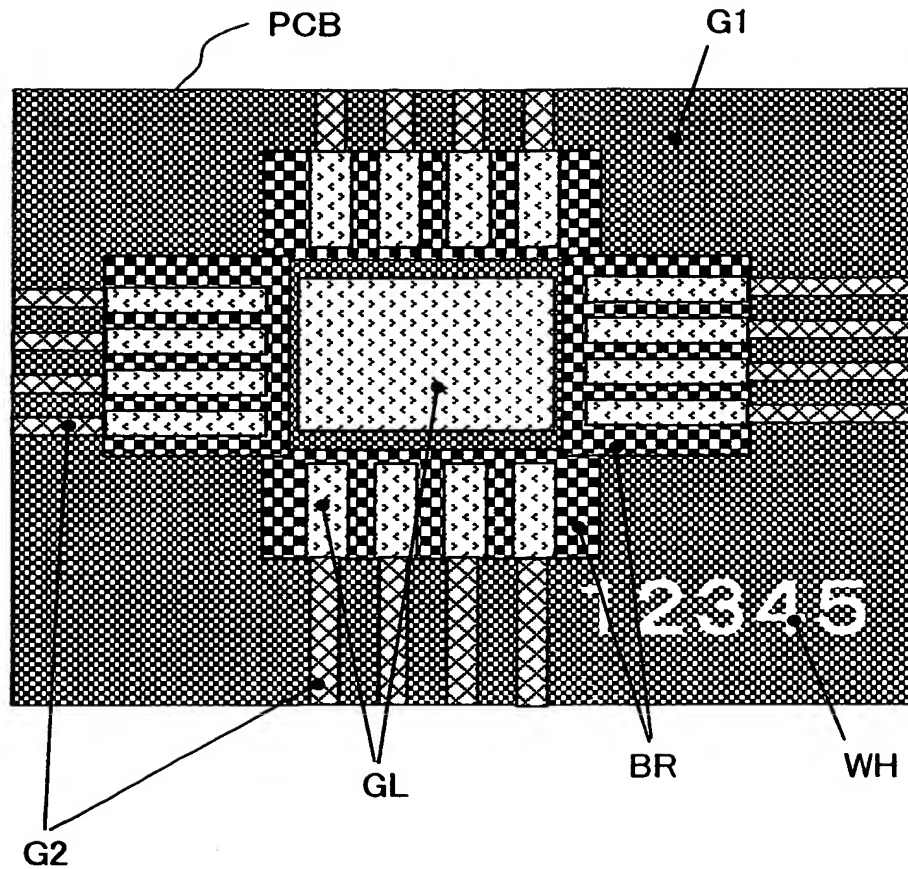
1 5 0 …後処理部

【書類名】 図面

【図1】

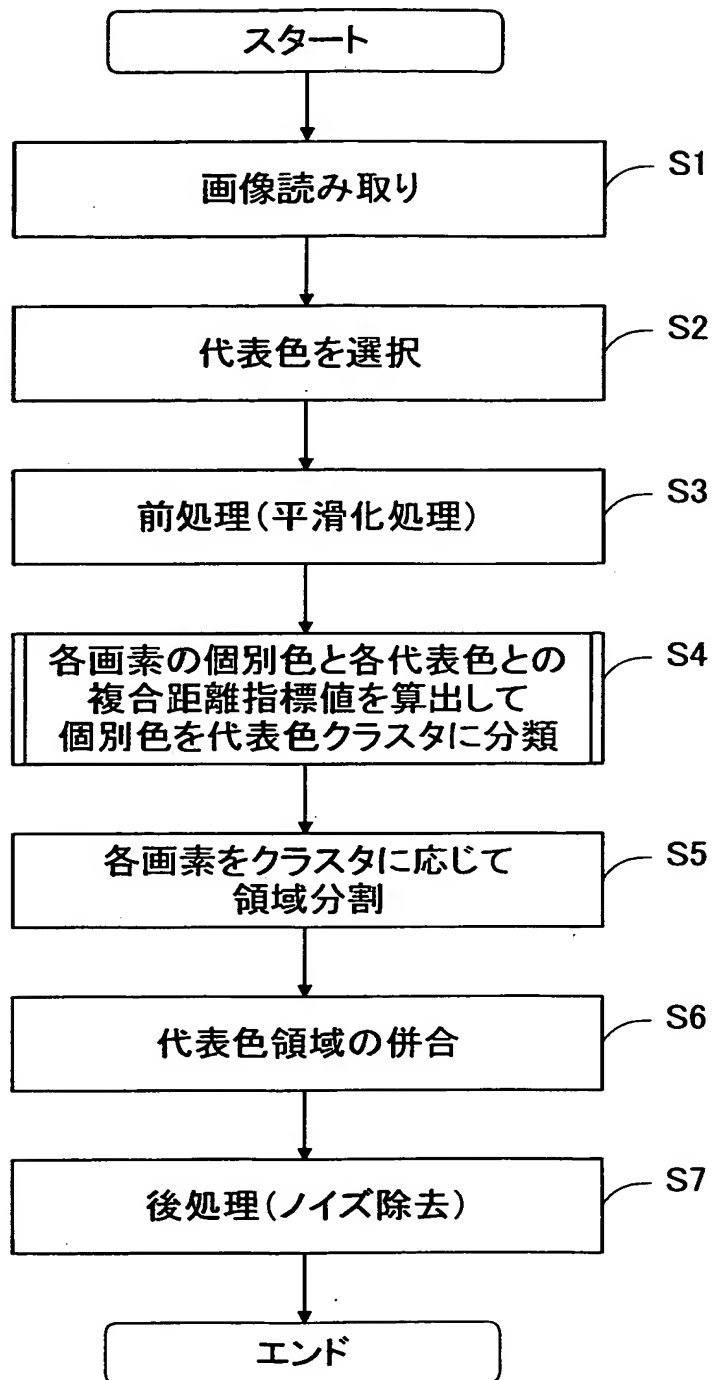


【図 2】

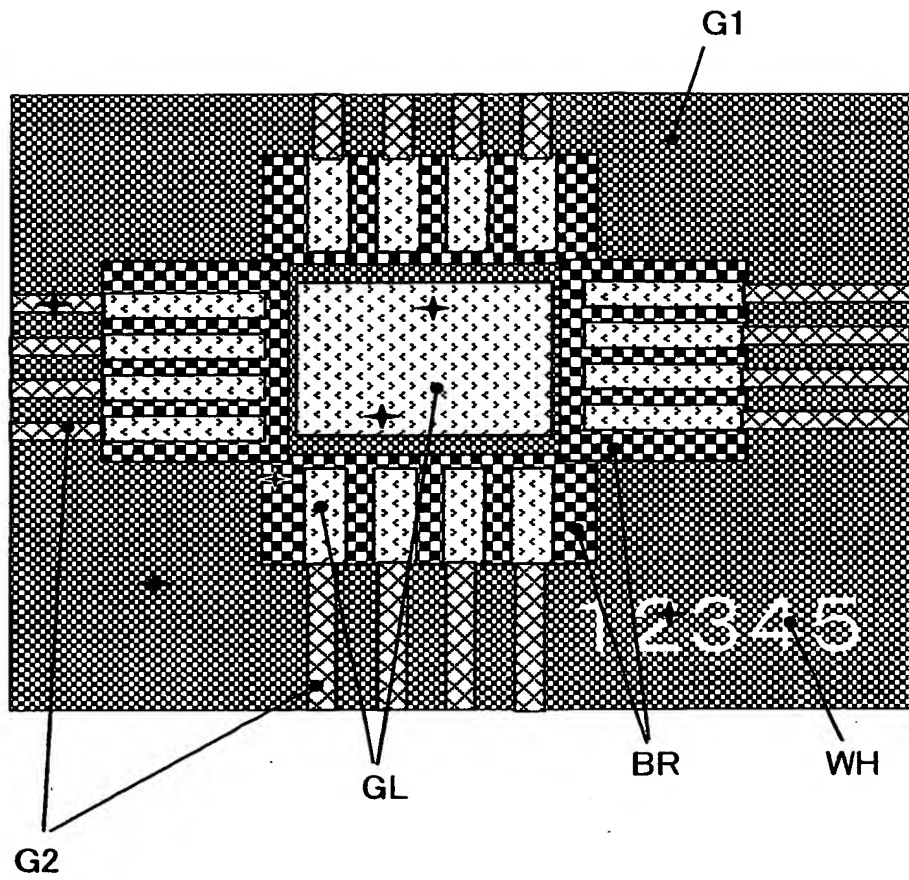


- GR {
- 緑色領域G1: 基板ベースにレジストが塗布された領域
(低輝度レジスト領域)
 - 緑色領域G2: 銅配線上にレジストが塗布された領域
(高輝度レジスト領域)
 - 金色領域GL: 金メッキが施された領域
 - 茶色領域BR: 基板ベースの領域
 - 白色領域WH: 白文字が印刷された領域

【図 3】



【図 4】



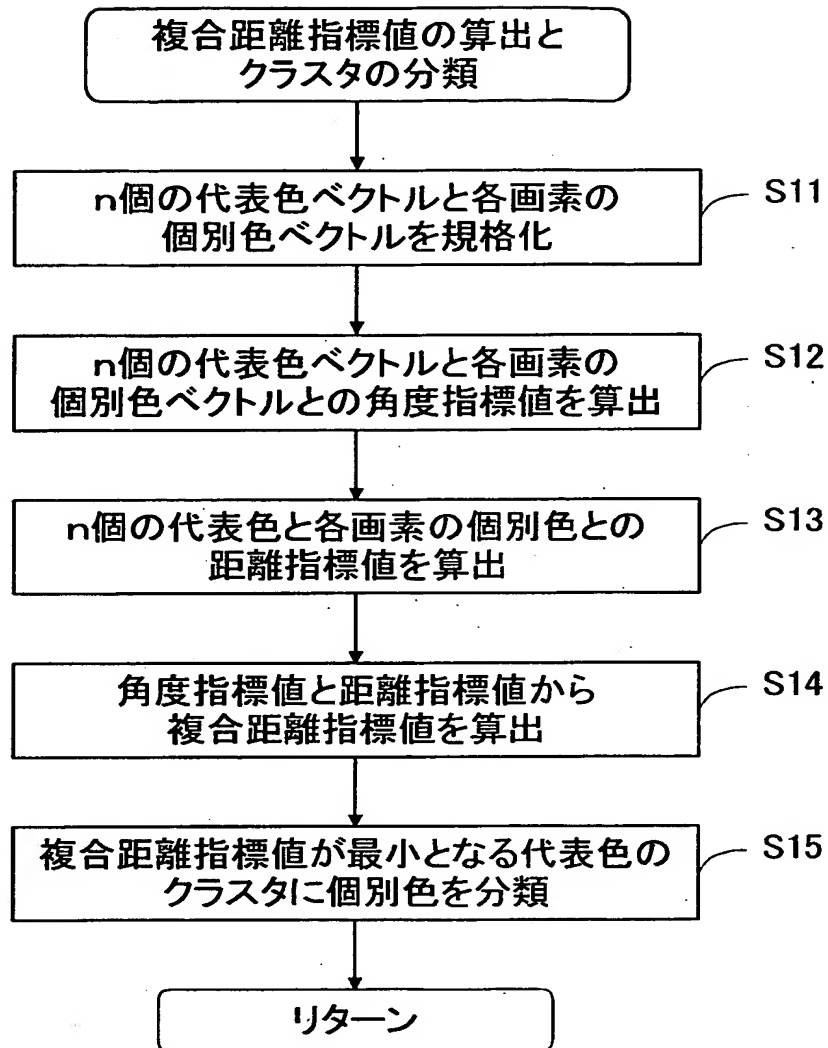
+ : サンプル点

第1の分割領域DR1 { 緑色領域GR { G1
G2

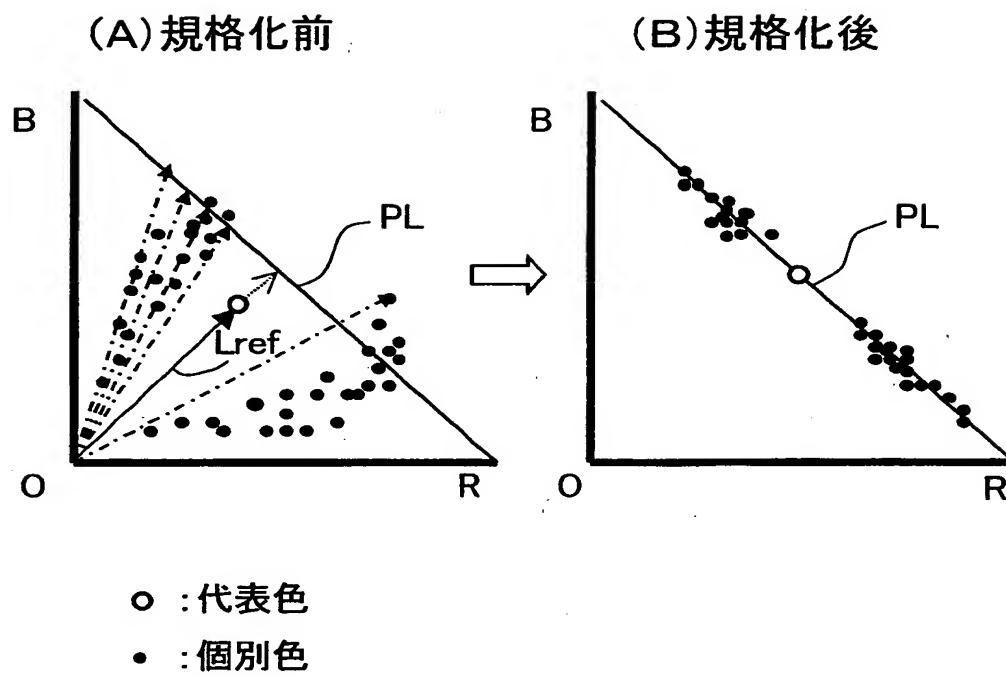
第2の分割領域DR2 { 金色領域GL
茶色領域BR

第3の分割領域DR3 { 白色領域WH

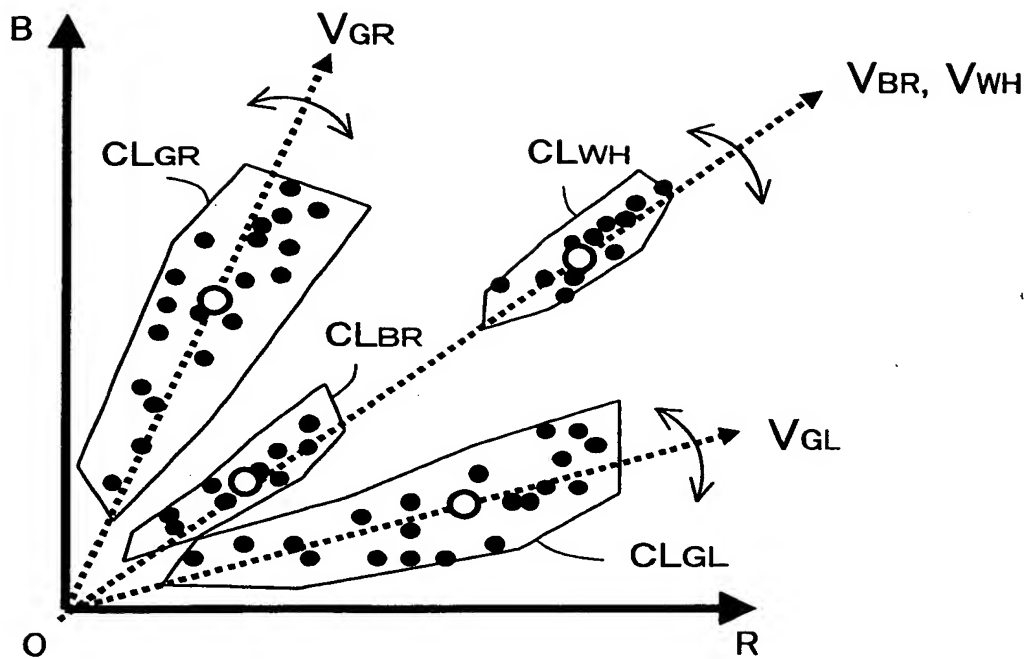
【図5】



【図6】



【図 7】

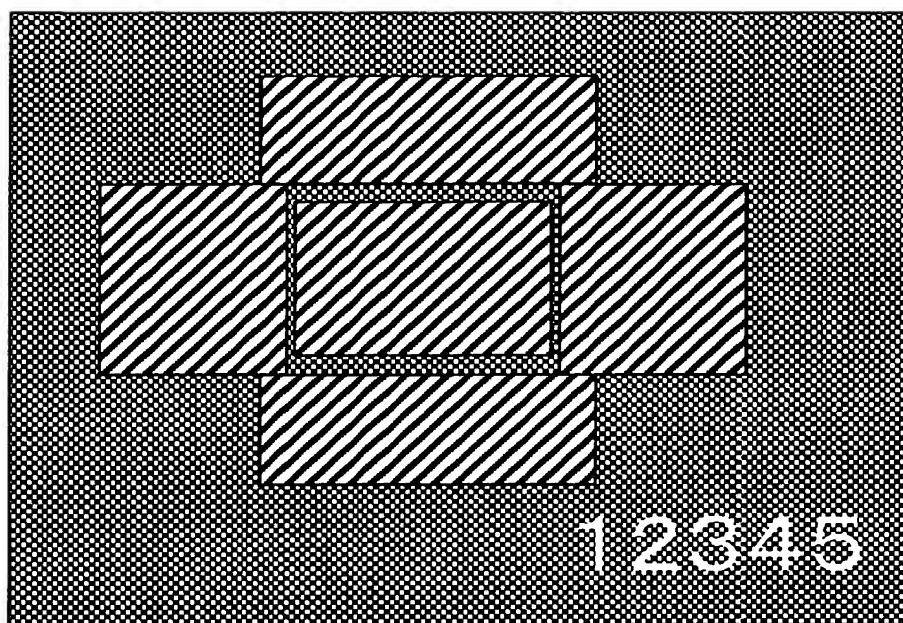


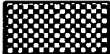


CLGR : 緑色クラスタ
CLGL : 金色クラスタ
CLBR : 茶色クラスタ
CLWH : 白色クラスタ

VGR : 緑色代表ベクトル
VGL : 金色代表ベクトル
VBR : 茶色代表ベクトル
VWH : 白色代表ベクトル

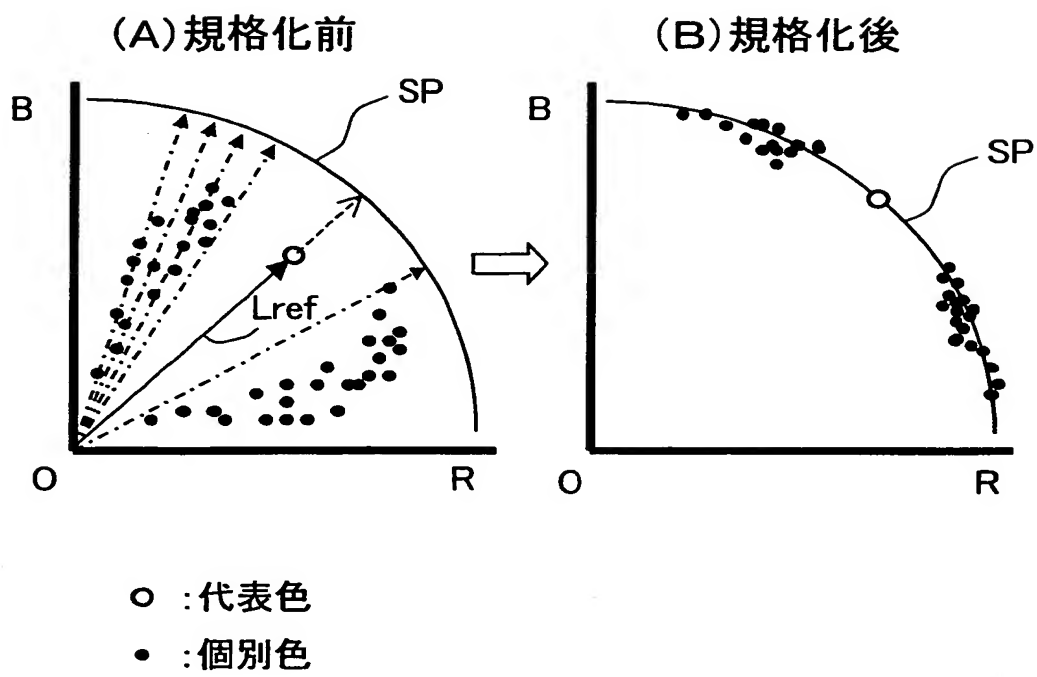
○ : 代表色
● : 個別色

【図 8】



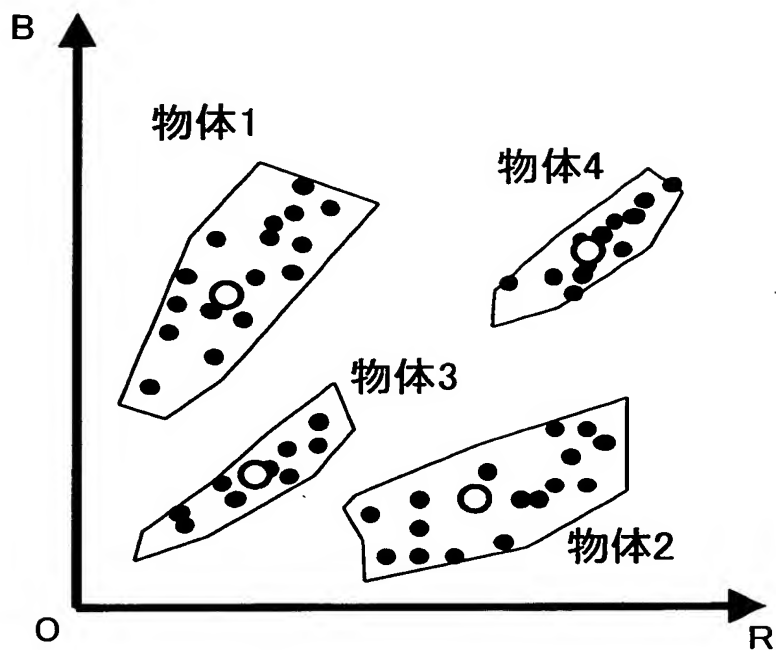
-  : 第 1 の分割領域 D R 1 (G 1 + G 2)
-  : 第 2 の分割領域 D R 2 (G L + B R)
-  : 第 3 の分割領域 D R 3 (W H)

【図9】

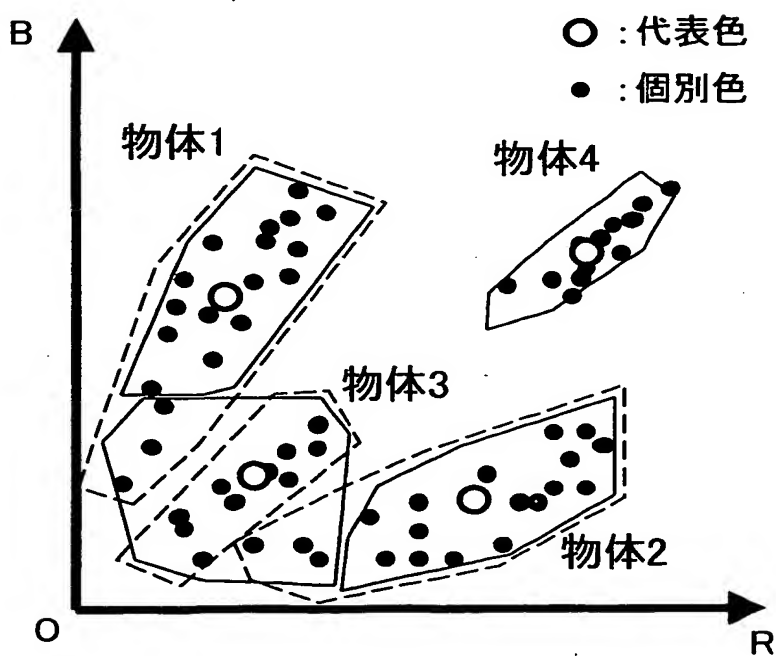


【図10】

(A)適切なクラスタリング



(B)不適切なクラスタリング



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 カラー画像を、色に応じてより確実に適切な色領域に分割する。

【解決手段】 複数の代表色を設定し、所定の色空間内において、カラー画像の各画素の色を表す個別色ベクトルと、複数の代表色ベクトルとの間の角度に応じた角度指標値をそれぞれ算出する。また、カラー画像の各画素の色と複数の代表色との間の距離に応じた距離指標値をそれぞれ算出する。そして、カラー画像の各画素の色に関して、距離指標値と前記角度指標値とに基づいて前記複数の代表色に対する複合距離指標値をそれぞれ算出する。この複合距離指標値に応じて、カラー画像の各画素を複数の代表色に対応付けられた複数の代表色領域のいずれかに分類することによって、カラー画像の画像領域を分割する。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000207551]

1. 変更年月日 1990年 8月15日

[変更理由] 新規登録

住 所 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の
1

氏 名 大日本スクリーン製造株式会社